

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Petr Moravec

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Kontrola vypínacích charakteristik digitální
ochrany**
**Switching - off Characteristics Check of
Microprocessor Line Protection**

2010

Petr Moravec

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.5.2010

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi za vedení a cenné rady při jejím vypracovávání a poskytnutí odborné literatury

Abstrakt

V této bakalářské práci jsem se zabýval kontrolou vypínacích charakteristik digitální ochrany. Provedl jsem teoretický rozbor ochran a jejich nastavení. Popis terminálu SPAC 315 C a ochranného modulu SPCJ 4D29. Dále jsem ověřil vypínací charakteristiky digitální ochrany a naměřené výsledky jsem v grafech porovnal s vypočítanými výsledky podle údajů výrobce.

Klíčová slova

Digitální ochrana vedení, zkrat, proudové přetížení, vypínací charakteristika, čas vypnutí, popudová hodnota proudu.

Abstract

In this bachelor work I was concerned about the control of cut off characteristics of a digital protection. I did a theoretical analyse of protections and their settings. The description of terminal SPAC 315 C and the protection modul SPCJ 4D29. Next I checked the cut off characteristics of a digital protection and results confronted in graphs, the measured results with calculated values from the manufacturer.

Key words

The digital protection of a wiring, the short, the current overload, the cut off characteristic, cut off time, the impulse value of the current

Seznam použitých symbolů a zkratek

ϑ	teplota	(°C)
t	čas	(s)
I	proud	(A)
U	napětí	(V)
P	výkon	(W)
i_{mag}	magnetizační proud	(A)
Q	jalový výkon	(Var)
Z	impedance	(Ω)
τ	časová konstanta	
$u(t)$	porucha	
$p(t)$	vstup objektu	
$z(t)$	výstup objektu	
$y(t)$	vstup ochrany	
n	parametry ochrany	
K	nastavitelná citlivost měřícího členu	
n_m	funkce měřícího členu	
v_n	vysoké napětí	
v_{vn}	velmi vysoké napětí	

Obsah

Úvod.....	1
1. Teoretický rozbor ochran a jistění se zaměřením na nadproudové ochrany.....	2
1.1 Ochrana, chráněný objekt.....	2
1.2 Poruchové stavy.....	3
1.3 Požadavky kladené na ochrany.....	5
1.4 Druhy ochran.....	6
1.5 Přístrojové transformátory.....	7
1.6 Základní členy ochrany.....	7
1.7 Proudové ochrany.....	11
2. Princip nastavení nadproudových ochran.....	15
2.1 Nezávislé nadproudové ochrany.....	15
2.2 Nastavování nadproudových nezávislých ochran.....	15
2.3 Závislé nadproudové ochrany.....	16
3. Popis přívodního terminálu SPAC 315 C a ochranného modulu SPCJ 4D29.....	18
3.1 Popis přívodního terminálu SPAC 315 C.....	18
3.2 Popis ochranného modulu SPCJ 4D29.....	18
3.2.1 Popis funkce fázové nadproudové jednotky.....	19
3.2.2 Jednotka zemní ochrany.....	20
3.2.3 Jednotka ochrany při selhání vypínače.....	21
3.2.4 Dálkové nastavení.....	21
3.2.5 Čelní panel.....	22
3.2.6 Provozní indikátory.....	23
3.2.7 Nastavení.....	24
3.2.8 Technická data.....	25
4. Kontrola charakteristik ochranného modulu SPCJ 4D29.....	26
4.1 Nezávislá charakteristika.....	27
4.2 Závislé charakteristiky.....	28
4.2.1 Normálně závislá charakteristika.....	28
4.2.2 Velmi závislá charakteristika.....	30
4.2.3 Extrémně závislá charakteristika.....	32
4.2.3 Dlouhodobě závislá charakteristika.....	34
5. Zhodnocení naměřených výsledků.....	36
6. Závěr.....	37

Úvod

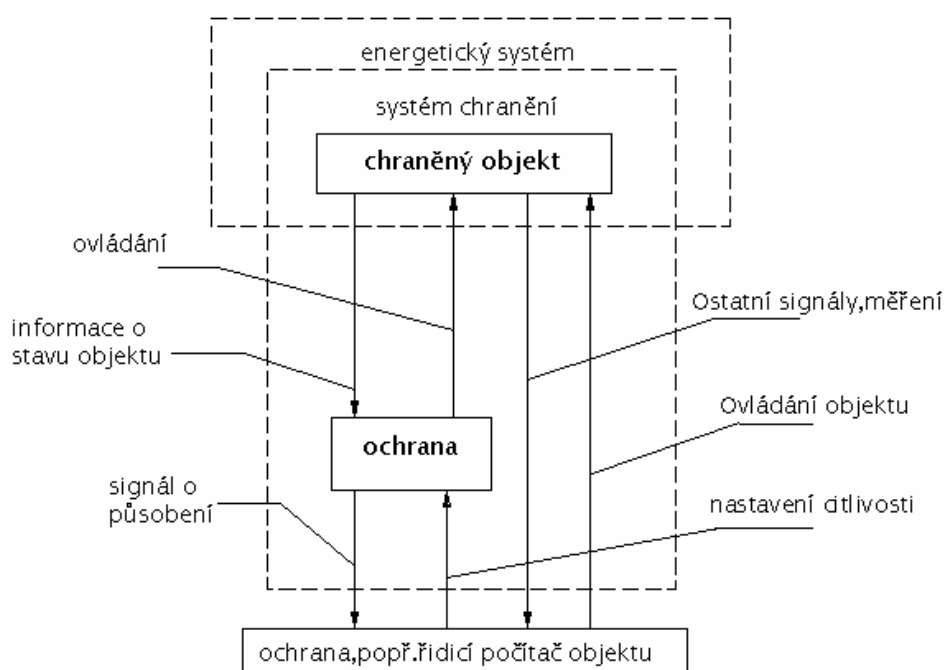
Při provozu v elektrizační soustavě mohou vznikat různé poruchové stavy. Tyto stavy ohrožují bezpečnost provozu. Jednotlivé části elektrizační soustavy lze dimenzovat na tyto poruchové stavy nebo používat jištění (ochrany). První možnost je v zásadě nemožná z důvodu velkých nákladů. Ochrany jsou velmi důležitým prvkem elektrizační soustavy, zajišťují provozní spolehlivost a bezpečnost dané části elektrizační soustavy, chrání nákladné zařízení jako generátory, vedení, transformátory a podobně. Proto je jejich použití účelné. Nasazují se ve všech částech elektrizační soustavy.

V první kapitole jsem provedl teoretický rozbor ochran a jištění se zaměřením na nadproudové ochrany. Dále jsem se zabýval nastavením nadproudových ochran. V třetí a čtvrté kapitole jsem provedl popis ochranného modulu SPCJ 4D29 a zkontroloval charakteristiky ochranného modulu SPCJ 4D29. Poté jsem zhodnotil naměřené a vypočítané výsledky.

1. Teoretický rozbor ochran a jištění se zaměřením na nadproudové ochrany

1.1 Ochrana, chráněný objekt

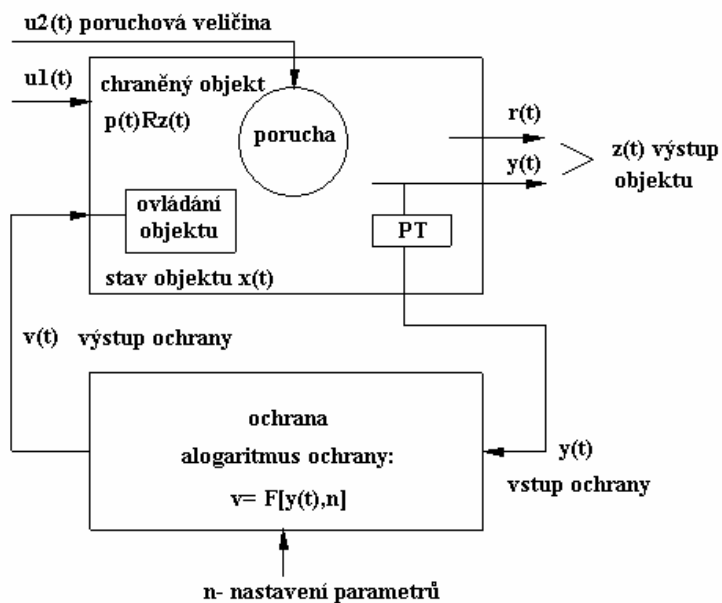
Ochrana je zařízení, které zajišťuje provozní spolehlivost a bezpečnost dané části energetického systému, např. vedení transformátoru, generátoru, atd. Pomocí přístrojových transformátorů proudu a napětí, nebo i z dalších čidel získává informace o jednotlivých veličinách chráněného objektu.



Obr. 1 Připojení ochrany k chráněnému objektu

Na obrázku 1. je naznačeno připojení ochrany k chráněnému objektu a je zde vyznačena jejich vzájemná spolupráce. Údaje o proudech a napětích objektu jsou ochranou zpracovávána. Ochrana zásadně musí rozlišovat, jestli stav normální (provozní) nebo jde o stav poruchový. V případě poruchy uvnitř objektu ochrana zabráňuje havárii chráněného zařízení vypnutím, odbuzením atd. Ochrana také signalizuje obsluze své působení. Obsluha může nastavovat parametry ochrany, např. měnit její citlivost nebo časové zpoždění.

Ochrana je pomocí zpětné vazby připojena ke chráněnému objektu. Chráněný objekt na obr. 2 je zařízení přenášející energii v rámci svého okolí. Ochrana je zodpovědná za to, aby chráněný objekt při svém provozu nepřekročil meze normálního působení. Překročení přípustných mezí znamená poškození nebo zničení chráněného objektu.



Obr. 2 Chráněný objekt

Okamžitou funkci chráněného objektu je možné určit pomocí stavových veličin. Stavová veličina je fyzikální veličina chráněného objektu, jejíž velikost charakterizuje současné chování objektu. Stavové veličiny, které jsou pro nás směrodatné pro ochrany jsou například tyto: napětí, proudy, okamžité výkony, okamžitá frekvence, teploty v určitých místech objektu, mechanické síly atd.

1.2 Poruchové stavy

V elektrických soustavách se mohou vyskytnout tyto poruchové stavy:

Zkrat je vzájemné spojení dvou nebo více fází, nebo fází s uzlem. Závažným způsobem elektricky poškozuje dielektrika a izolátory, dále způsobuje poškození vodiče tepelně a také mechanickým působením zkratových sil. Při zkratu je obvyklé zmenšení činného výkonu dochází k odlehčení stroje tím klesá napětí a změní se synchronizační moment a to má za následek ztrátu stability. Zkrat může být například způsoben poškozením izolace jak stářím nebo mechanickým poškozením, tak vlivem počasí.

Přetížení je průchod příliš velkého toku energie zařízením nebo vedením. Způsobuje mechanické poškození, na pohonných strojích, ale hlavně poškození tepelná. Závažným způsobem snižuje životnost izolace. Přetížení je obvykle způsobeno nedostatkem instalovaného činného elektrického výkonu, který není úměrný okamžité spotřebě a má za následek přehřátí objektu nebo některé z jeho částí na přípustnou mez $\vartheta > \vartheta_{\max}$. Stupeň poškození především závisí na teplotě nebo jejím časovém integrálu. Udává stupeň poškození s ohledem na dobu působení t zvýšené teploty ϑ .

Nadpětí (zvýšení napětí nad dovolenou mez) způsobuje stárnutí a poškození izolace, přidavné ztráty a zvyšuje nebezpečí zkratu. Nadpětí může způsobit například porucha regulace napětí, překompenzování nebo také kapacitní zátěž.

Podpětí je doprovázeno proudovým přetěžováním, odebírá-li připojené zařízení konstantní výkon.

$$i = \frac{P}{u} \quad (1)$$

Při snižování napětí dochází ke zvýšení toku proudu nad jmenovitou hodnotu a tím k proudovému přetížení. Podpětí může být způsobeno například nedostatečnou kompenzací, dále přetížením nebo poruchou regulace napětí.

Snížení frekvence způsobuje zvětšení magnetizačního proudu i_{mag} tím také zvýšení ztrát a oteplení.

Zvýšení frekvence působí zvláště mechanicky na chráněné zařízení a také na připojené stroje. Zvýšení frekvence může být způsobeno poruchou regulace výkonu.

Nesouměrnost proudu je nebezpečná hlavně u synchronních a asynchronních točivých strojů. Ty jsou konstruovány tak, že pole statoru a rotoru se otáčí stejným směrem. Vznikají potom přidavné vířivé ztráty a rotor se může nebezpečně zahřívat. Nesouměrnost může nastat například přerušením vodičů nebo nesouměrností zátěže.

Nesouměrnost napětí a tím způsobená nesouměrnost proudů. Například chod třífázového motoru pouze na dvě fáze. Příčiny které mají za následek nesouměrnost napětí jsou stejné jako u nesouměrnosti proudu.

Zemní spojení je galvanické spojení jedné fáze se zemí v síti, která má izolovaný nebo kompenzovaný uzel. Nebezpečí spočívá především v tom, že může nastat s velkou pravděpodobností následný zkrat. Může být způsobeno stejnými vlivy jako zkraty.

Zpětný tok výkonu je porucha nebezpečná pro točivé stroje. Zpětný výkon může poškodit připojené mechanické stroje, to znamená přenos energie z generátoru do turbíny nebo například z motoru do sítě. Zpětný tok je způsobený špatnou regulací výkonu ale může být způsoben také špatnou energetickou bilancí sítě.

Ztráta buzení synchronních točivých strojů je snížení budícího proudu pod mez statické stability. Způsobuje snížení napětí, to ohrožuje zejména stabilitu sítě, také asynchronní chod stroje. Při ztrátě buzení stroj s vyniklými póly ztratí synchronizmus, tím se může způsobit jak mechanické tak elektrické poškození. Stroj s hladkým rotorem přejde do asynchronního chodu. Otáčky změní jen minimálně, protože velké stroje mají malý skluz. Motor zpomalí, generátor zrychlí. Vznikne stav velice podobný proudové nesouměrnosti. Točivé pole statoru se neotáčí synchronně s rotorem. Tím pádem vznikají přidavné vířivé ztráty a rotor se nebezpečně otepluje nad dovolenou mez. Tyto jevy mohou nastat při podpětí nebo při poruše budících proudů.

Ložiskové proudy způsobují oteplení a to má za následek mechanické poškození ložisek točivých strojů. Mohou vznikat při magnetických nesouměrnostech ve statoru nebo rotoru.[1]

1.3 Požadavky kladené na ochrany

Požadavky jsou tyto:

Spolehlivost funkce ochrany znamená, že při poruše musí ochrana správně vykonat požadovanou funkci a v daném časovém intervalu. Naopak je nepřípustné, aby ochrana zapůsobila bez zjevné poruchové příčiny. Jednoduchá ochrana má menší pravděpodobnost poruchy, tím také selhání než ochrana složitá.

Odolnost ochrany proti rušení je důležitá, protože při energetickém provozu se vyskytuje množství vlivů, které mohou ochranu poškodit. Například tyto vlivy: prašné prostředí, obsah agresivních plynů v ovzduší elektrárny, otřesy, magnetická a elektrická pole při zkratech apod.

Rychlost ochrany, je doba působení ochrany. Rychlost ochrany snižuje pravděpodobnost poškození chráněného objektu.

Citlivost ochrany je velikost stavové veličiny, na kterou je ochrana nastavena a při překročení této velikosti musí působit.

Přesnost ochrany je poměrná chyba citlivosti ochrany vyjádřená v procentech

Spotřeba ochrany je příkon potřebný pro chod ochrany. Spotřeba je udána jednotlivě pro vstupy ochrany a pro pomocné napájecí obvody ochrany.

Zálohování ochrany v případě poruchy ochrany hlavní, je potřeba, aby bylo vypnutí realizováno ochranou záložní.

Selektivita je schopnost ochrany nepůsobit mimo objekt nebo také na poruchy dané stavovou veličinou, na kterou nesmí ochrana zapůsobit. Tím se vypíná jen co nejmenší úsek elektrizační soustavy postižené poruchou a tím se také zmenšuje pravděpodobnost ztráty stability elektrizační soustavy.

Selektivitu můžeme realizovat těmito způsoby:

- a) časovým odstupňováním vypínacích časů
- b) odstupňováním hodnoty nastavené veličiny
- c) měření více veličin současně (impedanční ochrany)
- d) měření veličiny na více místech (rozdílové a srovnávací ochrany, logické automatiky)
- e) směrovým nastavením ochran [2]

1.4 Druhy ochran

Ochrany můžeme třídit podle mnoha hledisek

1. Podle doby působení od různých ochran požadujeme rozdílné doby působení

- a) mžiková
- b) časově závislá
- c) časová

Mžiková ochrana působí okamžitě při vzniku poruchy. Její rychlost je limitována pouze dobou zpracování informace uvnitř ochrany. Časová ochrana závislá má dobu působení definovanou jako funkci některé stavové veličiny. Časová ochrana nezávislá má exaktně předem nastavenou dobu působení.

2. Podle Konstrukce

- a) elektromechanická
- b) tranzistorová
- c) číslicová

3. Podle druh poruchy

- a) zkratová
- b) při přetížení
- c) podpět'ová
- d) napět'ová
- e) podfrekvenční
- f) nadfrekvenční
- g) při zemním spojení
- h) při zpětném toku výkonu
- i) při ztrátě buzení
- j) při nesouměrnosti

4. Podle typ chráněného objektu

- a) generátoru
- b) motoru
- c) transformátoru
- d) přípojnic
- e) vedení
- f) kabelu
- g) troleje
- h) vypínače

Rozdělení ochran podle funkčního principu

Ochrana	Stavová veličina	Značení stavové veličiny
1) proudová	proud	i
2) napěťová	napětí	u
3) distanční	impedance	Z
4) rozdílová	rozdíl proudů	$\Delta i_a = i_a - i_b$
5) srovnávací	rozdíl fáze proudů	$\Delta \varphi = \arg i_a - \arg i_b$
6) wattová	činný výkon	p
7) jalová	jalový výkon	q
8) frekvenční	frekvence	f
9) při nesouměrnosti	zpětný proud nebo napětí	$i_2(u_2)$

1.5 Přístrojové transformátory

Přístrojové transformátory

Požadavky na měření elektrických veličin chráněného objektu jsou velké. Je obvyklé, že se objevují proudy řádu jednotek kiloampérů a napětí až stovek kilovoltů. Proto také nezapojujeme ochranu do měřeného obvodu přímo ale prostřednictvím přístrojových transformátorů proudu a napětí.

Smysl použití je:

- 1) Transformují jmenovité proudy na napětí objektu, na jednotné velikosti určené normou, tj 100 V, 5 A nebo 1 A pro vstup ochran.
- 2) Izolují obvody vn a vvn od obvodů ochrany. Tímto je také zajištěna bezpečnost ochrany a obsluhy.
- 3) Umožňují umístit ochrany z dosahu rušivých magnetických a elektrických polí a objektu.
- 4) Je možné pomocí přístrojových transformátorů sčítat nebo odečítat proudy a napětí z několika izolovaných objektů.
- 5) Je možné soustředit ochrany na jednom místě a tím je zjednodušena jejich kontrola.

1.6 Základní členy ochrany

Ochrana se skládá z obvykle těchto základních členů:

Vstup, popud, měřicí člen, logika, napájecí člen, časový člen, koncový člen

Vstup

- a) převádí vstupní signály y na zpracovatelný tvar a úroveň
- b) zjišťuje z $y(t)$ stav objekt $x(t)$
- c) chrání vnitřní obvody ochrany proti rušení a chybným signálům.

Jmenovité vstupní hodnoty ochrany jsou 100 V, 5 A nebo 1 A a 0,1 A. Tyto veličiny jsou přivedeny na svorky ochrany přes přístrojové transformátory proudu a napětí. Měřicí členy uvnitř ochrany pracují s hodnotami jednotek voltů a miliampérů. Vstupní členy ochrany převádějí vstupní hodnoty na tyto žádané úrovně pomocí bočníků, děličů a transformátorů. Transformátor proudový nebo napěťový, ještě galvanicky odděluje obvody ochrany od okolí. Někdy může mít měřicí člen stejnosměrný vstupní signál, potom vstupní člen obsahuje navíc ještě usměrňovače. Vstupní členy digitálních ochran obsahují A/D převodníky. Převodníky nejprve signál vzorkují a následně provedou převod analogového signálu na digitální.

Popud

Vznikne-li porucha v energetické soustavě v dosahu ochrany, informuje o ní popud logiku a měřicí člen ochrany. Je třeba mít na paměti že ne každá porucha může být odstraněna jedinou ochranou. O tom jestli daná porucha patří do kompetence ochrany, rozhodne měřicí člen a logika. Popud zaručí pouze rozběh těchto obvodů. Popud má podobnou konstrukci a funkci jako měřicí člen. [1]

Měřicí člen

Je to jeden z určujících členů ochrany vlastnosti ochrany jsou závislé na měřícím členu a na jeho algoritmu. Je to zejména selektivita, neřiditelnost, citlivost a přesnost.

Amplitudový měřicí člen kontroluje velikost proudu a napětí. Při překročení nastavené hranice velikosti veličiny zapůsobí. Dělíme ho na čtyři různé typy, a to podle toho jakou veličinu měří.

Střídavý amplitudový měřicí člen na střední hodnotu:

$$K = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \quad (2)$$

K - nastavitelná citlivost měřícího členu

T - doba periody měřené veličiny $x(t)$

$x(t)$ - měřená veličina (proud nebo napětí)

Střídavý amplitudový člen na efektivní hodnotu:

$$K^2 = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt \quad (3)$$

Stejnosměrný amplitudový měřicí člen:

$$K = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt \quad (4)$$

Amplitudový měřicí člen na maximální hodnotu:

$$K = \max [x(t)] \quad (5)$$

Závislý měřicí člen:

měří velikost proudu nebo napětí v závislosti na době působení poruchy. Pro $x(t) = x$ konstantní má rovnice členy tvaru:

$$(x - x_{\infty})^n \cdot t = K$$

$$t = \infty \quad \text{pro } x \leq x_{\infty}$$

$$t = \frac{K}{(x - x_{\infty})} \quad \text{pro } x \geq x_{\infty} \quad (6)$$

Rozdílový měřicí člen srovnává amplitudu dvou vstupních veličin. Působí je-li $x_a(t)$ větší než $x_b(t)$ o nastavenou hodnotu K . Pro rozdílový člen na střední hodnotu platí:

$$K = \frac{1}{T} \int_0^T |x_a(t) - x_b(t)| dt \quad (7)$$

Amplitudový komparátor je neobvyklý typ rozdílového měřicího členu s velkou citlivostí, kde $K \longrightarrow 0$. Rovnice tohoto členu je :

$$0 = \frac{1}{T} \int_0^T |x_a(t) - x_b(t)| dt \quad (8)$$

Součinnový měřicí člen má rovnici:

$$K = \frac{1}{T} \int_0^T x_a(t) - x_b(t) dt \quad (9)$$

je-li $x_a(t) = u(t)$ a $x_b(t) = i(t)$ pak

$$K = P = UI \cos \varphi \quad (10)$$

Součinnový člen se používá ve wattových a jalových ochranách.

Fázový komparátor je součinnový měřicí člen s citlivostí $K \longrightarrow 0$. [2]

Logika

Logika ochrany má za úkol zpracovat logický signál $b(t)$ z popudu a určit funkci měřicího členu n_m . Poté na základě znalosti signálu z měřicího členu $m(t)$ určit funkci koncového členu $v(t)$. Veškeré vstupy i výstupy logiky jsou booleovské funkce. Tím je také možné realizovat soustavu tří logických funkcí: součtu, součinu a negace.

Skládá ze z těchto členů:

- a) klasická pomocná relé
- b) jazýčková relé
- c) diody
- d) tranzistory
- e) integrované obvody
- f) technické vybavení (hardware) nebo programové vybavení (software) číslicového procesoru.

Napájecí člen

Napájení ochrany, může být realizováno třemi způsoby:

- a) Ochrany bez napájení - tento typ ochran nepotřebuje pro svou činnost a provoz pomocné napětí.
- b) Přímé napájení ze staniční akumulátorové baterie je nejpoužívanější způsob napájení elektromechanických ochran. Akumulátorová baterie je spolehlivá, ale potřebuje údržbu. Ve velkých objektech (např. elektrárnách) se stálou obsluhou lze tuto podmínku jednoduše splnit.
- c) Napájení ze střídavé sítě. Zdroje ve střídavé síti jsou mnohem méně spolehlivé než akumulátory, a proto mohou častěji vznikat výpadky.

Ochrany podle typu b) je možnost že napájecí člen je realizován pouze filtrem, který omezuje zvlnění napájecího napětí nebo je odruší. V případě, že je ochrana napájena z pomocného střídavého napětí podle bodu c, mohou být v napájecím členu ještě navíc transformátory a usměrňovače.

d) Napájení přes stabilizátor se zejména používá u tranzistorových a číslicových ochran. Protože požadujeme lepší stabilizaci a filtraci napájecího napětí než pro elektromechanické členy.

e) Napájení z přístrojových transformátorů nepotřebuje staniční baterii. V okamžiku poruchy obvykle klesá napětí chráněného objektu, zatímco jeho proud vzrůstá. Proto je lepší napájení ochran z PTP.

V současné době se tento způsob napájení ochran nepoužívá. Používá se napájení z baterie.

Časový člen

Prodluhuje dobu působení ochrany t_p na jeho vstup je přiveden signál z logiky. Časový člen se používá z důvodů:

- a) **Selektivita**, zpožděním ochran, umožňuje působení jiné ochrany, které je výrazně blíže k místu poruchy, a tím také může odpojit jen postižený úsek. Toho také využíváme v časovém zpoždění záložní ochrany před ochranou základní.
- b) Využití možné akumulace energie v objektu. Zpožděním může ochrana dovolit přetížení, jestliže dané přetížení neohrozí funkci objektu. Ochrana s konstantním zpožděním je možnou alternativou závislého měřicího členu, není však tak kvalitní. Charakteristika závislého členu opisuje zatěžovací

křivku objektu dokonaleji než stupňová charakteristika realizována časovým členem, kde ochrana opisuje charakteristiku h_0 zatěžovací křivku stroje.

c) Vyloučení chybného působení ochrany, které je způsobeno přechodnou poruchou s nízkou dobou trvání.

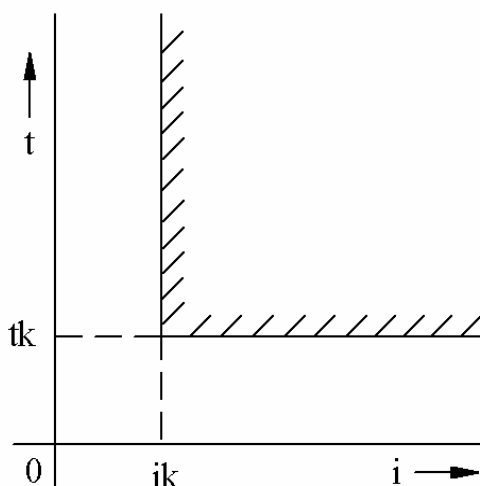
Koncový člen

Koncový člen ochrany tvoří obvykle pomocná relé s výkonovými kontakty. Na jejich vstup přichází signál $v(t)$ z logiky. Koncový člen má upravit signál logiky $v(t)$ tak, aby byl schopen předání ovládacím zařízení objektu. Musí mít dostatečně vysokou úroveň a odolnost proti vnějšímu rušení. Kontakty výstupních obvodů koncového členu musí být uzpůsobeny pro dostatečnou zatížitelnost.[1]

1.7 Proudové ochrany

Nadproudové ochrany se používají hlavně pro svoji jednoduchost, ale nejsou tak selektivní jako distanční nebo rozdílové ochrany. Projektují se u méně důležitých zařízení a strojů nebo jako ochrany záložní. Princip použití je dán tím, že při přetížení nebo zkratu se zvětšuje proud zařízení. Ochrany můžeme dělit podle charakteristik:

Nezávislá nadproudová ochrana působí v přesně nastaveném čase t_k při přestoupení proudu I_k . Po přestoupení proudu $i > I_k$ doba už dále nezávisí na velikosti proudu i a je konstantní. Na obrázku 3. je znázorněna charakteristika nezávislé nadproudové ochrany.



Obr. 3 Charakteristika nezávislé proudové ochrany

Závislá nadproudová ochrana - čím větší proud, tím kratší doba vypnutí - vypne případný nadproud nebo zkrat.

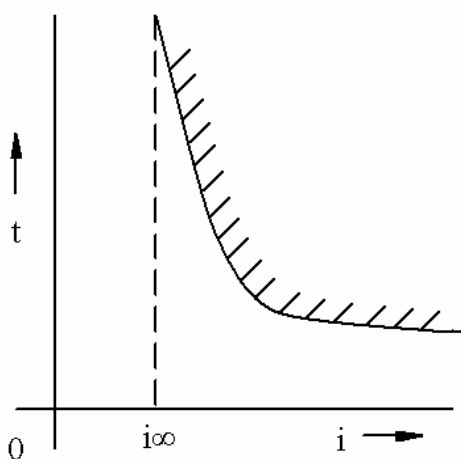
$$\text{Působí v čase } t = \frac{K}{(I - I_{\infty})} \text{ pro } i > i_{\infty} \quad (11)$$

$$t = \infty \text{ pro } i \leq i_{\infty}$$

Vypínací čas u závislých ochran:

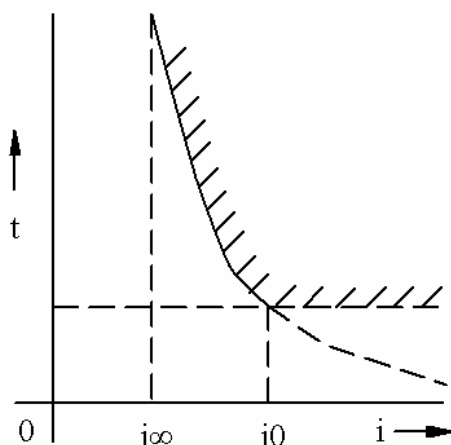
$$t = \frac{K}{\left(\frac{I}{I_{\infty}}\right)^{\alpha} - 1} T_p \quad (12)$$

t - je teoretický čas působení, K je konstanta charakterizující relé (posun charakteristiky), T_p je časový násobitel, I je poruchový proud, I_{∞} je nastavený rozběhový proud, α je index charakterizující algebraickou funkci (strmost charakteristiky). Na obrázku 4. je znázorněna charakteristika závislé nadproudové ochrany.



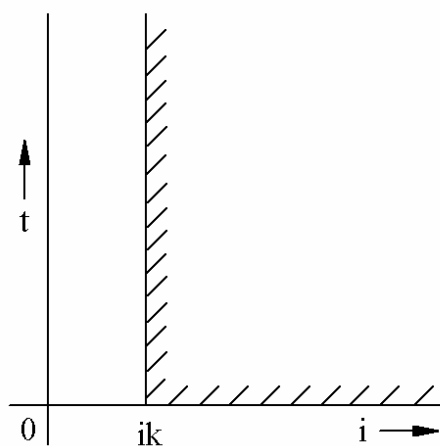
Obr. 4 Charakteristika závislé proudové ochrany

Polozávislá nadproudová ochrana má charakteristiku podobnou charakteristice závislé ochrany až do proudu i_0 se chová stejně. Na obrázku 5. je znázorněna charakteristika polozávislé nadproudové ochrany. Pro větší proudy než i_0 již působí tak že při sebemenším překročení tohoto nastaveného proudu již nezávisí na délce působení tohoto poruchového proudu ale nastane okamžité vypnutí.



Obr. 5 Charakteristika polozávislé proudové ochrany

Mžiková ochrana působí při přestoupení proudu I_k bez zpoždění. Případné zpoždění je možné jedině vlastním časem ochrany, který je obvykle u moderních ochrany do 10 ms. Na obrázku 6. je znázorněna charakteristika mžikové nadproudové ochrany. [3]



Obr. 6 Charakteristika mžikové proudové ochrany

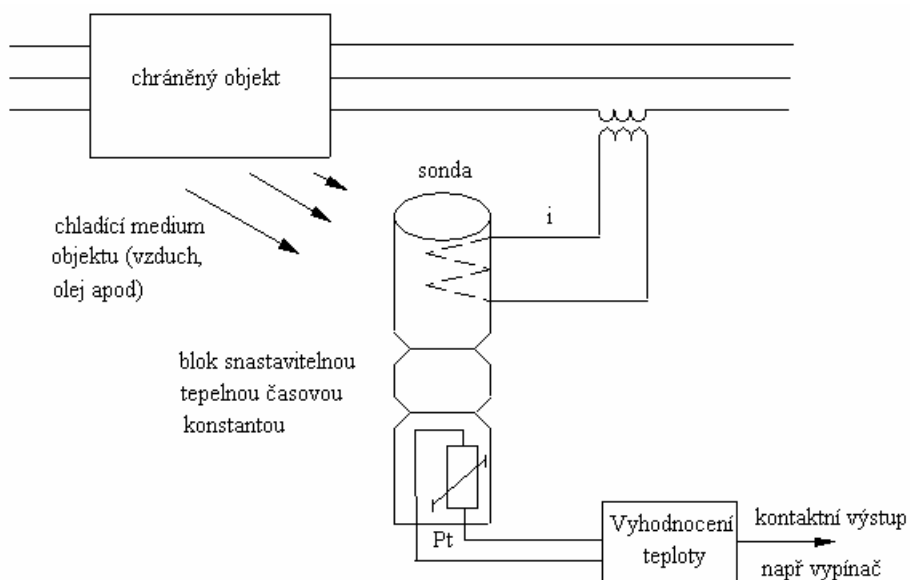
Proudové ochrany při přetížení

Ochrana při přetížení můžeme realizovat závislou ochranou s kvadratickou charakteristikou ($K = i^2 t$), která moduluje tepelnou akumulaci energie v objektu. Podle daných vztahů zapůsobí ochrana se zpožděním, které je odvozeno z konstantní akumulované energie objektu. Tato energie odpovídá hraničním schopnostem chráněného objektu akumulovat energii při poruše.

Tepelný obraz

Proudová ochrana ($K = i^2 t$) odpovídá také akumulaci energie, ale nemodeluje dokonalé oteplení uvnitř stroje. To z části závisí na síle chlazení. Vyspělejší ochranou při přetížení je takzvaný tepelný obraz neboli „termokopie“. Princip je znázorněn na obrázku 7.

Ochrana respektuje, jak vliv přímo nadproudu, tak i teplotu chladicího prostředí a tím i chlazení. U transformátoru se sonda tepelného obrazu přímo dává do pomocné nádoby s olejem, která zasahuje pod víko s olejem transformátoru u strojů chlazených vzduchem do vyfukovaného vzduchu.



Obr. 7 Tepelný obraz

Sonda ochrany obsahuje tepelný model stroje, který má časovou konstantu nastavitelnou změnou hmotnosti sondy s výměnnými bloky. Sonda je vyhřívána proudem úměrným objektu a chlazená stejnou látkou jako objekt. Tím je zajištěno, že ochrana měří stav tepelného modelu stroje a podle toho také zapůsobí. Také může obsahovat přístroj, jenž přímo zobrazuje vnitřní teplotu stroje. Ochrana je navrhována obvykle jako modulární. Z jednotlivých částí můžeme sestavit různé modely:

- Tepelný model podle výše uvedeného obrázku 7. s nastavitelnou tepelnou časovou konstantou τ .
- Závislou ochranu s nastavitelnými časovými konstantami τ při zanedbání vlivu chladicího prostředí. Sonda je umístěna mimo chladicí prostředí.
- Ochrana reagující na nebezpečné zvýšení teploty v některém místě stroje (například ložiska, drážka, a další) s využitím přístroje bez sondy. Při tomto stavu je platinový teploměr umístěn v měřeném místě. Takto popsaná ochrana se v současné době realizuje pomocí mikroprocesorů. Taková ochrana neobsahuje danou časovou konstantu, ale obsahuje pouze platinový teploměr

$P_t 100$. Integrál $\partial = k \int_0^t i^2(t) dt$ je realizován číslicově. Pro motory nn se místo tepelného obrazu používá teploměr nebo pozistor umístěný přímo ve vinutí stroje. [1]

2. Princip nastavení nadproudových ochran

2.1 Nezávislé nadproudové ochrany

Nezávislé nadproudové ochrany jsou nejvíce používány v radiálních sítích vysokého napětí, kde je více úseků spojeno v sérii. V radiálních sítích, kdy na koncích jednotlivých úseků jsou velikosti zkratových proudů málo rozdílné. Ochrana umístěná nejdále od zdroje působí v nejkratším čase t_1 . Tento čas musí být dostatečně dlouhý, aby v další rozvodné síti nízkého napětí působily nejdříve pojistky a přitom ochrana R1 nepůsobila.

Nevýhodou nezávislých nadproudových ochran je, že nejtěžší zkraty jsou nejbližší ke zdroji a jsou vypínány nejpozději. Naopak výhodou je, že vhodným proudovým nastavením se mohou vzájemně zálohovat. Při nastavení všech ochran na velikost nejmenšího zkratového proudu na konci vedení nabíhají všechny ochrany od místa zkratu směrem ke zdroji. Při jejich nastavení však musíme přihlídnout k tomu, že nesmí nabíhat při normálním proudovém přetížení.

2.2 Nastavování nadproudových nezávislých ochran

a) Stanovení stupně Δt časové selektivity

Při návrhu časového odstupňování ochran se určí stupeň časové selektivity (prodlevy) rozdílem časového zpoždění ochran dvou sousedních úseků

$$\Delta t = t_n - t_{(n-1)} \quad (13)$$

Stupeň časové selektivity Δt musí být takový, aby porucha na předchozím úseku (n-1) byla odpojena dříve, než zapůsobí ochrana dalšího následujícího n-tého úseku (směrem ke zdroji). Má být co nejmenší, aby se snížila úroveň časového zpoždění systému nadproudových ochran. Při stanovení Δt se uvažuje:

- doba vypnutí $t_{v(n-1)}$ vypínače předcházejícího úseku (n-1) úseku
- celková absolutní největší kladná chyba $t_{r(n-1)}$ časového členu předcházejícího ochrany
- celková absolutní největší záporná chyba t_m časového členu následující ochrany
- záložní čas t_z , zahrnující nepřesnosti předcházejících činitelů (0,1 s)

$$\Delta t = t_{v(n-1)} + t_{r(n-1)} + t_m + t_z \quad (14)$$

Tento stupeň časové selektivity bývá v praxi v rozmezích 0,25 až 0,5 s podle typu vypínačů a ochran.

b) Nastavení rozběhového proudu nadproudových nezávislých ochran

Rozběhový proud I_r musí být větší než největší dovolené zatížení vedení:

$$I_r \geq \frac{k_b I_n}{k_p p_i} \quad (15)$$

I_n je největší dovolené zatížení vodičů vedení nebo transformátorů

k_p je přídržný poměr relé (obvykle v rozmezí hodnot 0,85 až 0,95)

k_b je koeficient bezpečnosti a volí se v rozmezí 1,1 až 1,35

p_i je jmenovitý převod jistících transformátorů proudu

Pak rozběhový proud I_r nadproudového relé musí mít menší hodnotu než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku pro omezený provozní stav zapojení sítě. U sítí vysokého napětí, které jsou v České republice obvykle provozovány izolovaně (s izolovaným uzlem transformátoru nebo uzemněným přes Petersonovu cívku) je nejmenší zkratový proud při dvoupólovém zkratu. Aby relé při sebemenším zkratovém proudu na konci jištěného úseku spolehlivě nabíhalo, musí být splněna podmínka

$$I < \frac{I_{k \min}}{k_c p_i} \quad (16)$$

Kde $I_{k \min}$ je nejmenší zkratový proud na konci chráněného úseku, kde konec chráněného úseku je dán délkou zálohování. Pro ochranu R_3 je to alespoň úsek k ochraně R_1 . Kde k_c je koeficient citlivosti nadproudových ochranných obvykle se udává zpravidla pro elektromechanické ochrany nejméně 1,5 pro digitální ochrany postačí 1,2.

Může se zdát, že je zbytečná velká rezerva v nastavení nadproudových ochranných. Musíme počítat také s tím, že se zapojení vlastní rozvodné sítě včetně zapojení zdrojů v průběhu času mění v důsledku revizí, generálních oprav a nahodilých poruch. V důsledku toho se mění i velikost zkratových proudů.

2.3 Závislé nadproudové ochrany

U nezávislých nadproudových ochranných je časové zpoždění na začátku a na konci chráněného úseku konstantní. Je-li třeba selektivně chránit vedení složené z mnoha úseků, dostáváme příliš dlouhé vypínací časy u zdrojů. Výhoda závislých nadproudových ochranných je hlavně v tom, že zkracují dobu vypnutí na začátku vedení.

Volme charakteristiku nadproudové závislé ochrany takto:

$$(I - I_\infty)t = K \quad (17)$$

Kde I_∞ je určeno jmenovitým proudem chráněného objektu

K je nastavení ochrany

Zkratový proud na začátku chráněného úseku vedení, jeli Z_s

$$I_z = \frac{U_i}{Z_s} \quad (18)$$

a na konci chráněného úseku o impedanci Z_l

$$I_z = \frac{U_i}{|\overline{Z}_s + \overline{Z}_l|} \quad (19)$$

Pro zjednodušení další úvahy volíme I_∞ . Následně vypínací čas na začátku chráněného úseku je:

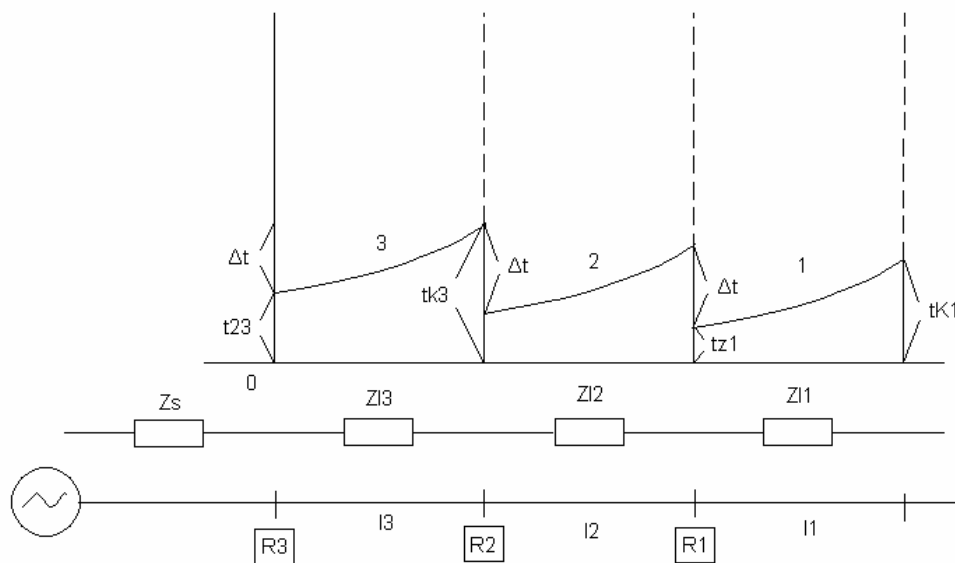
$$t_k = \frac{K}{I_k} = \frac{K \cdot \overline{Z}_s}{U_i} \quad (20)$$

a na konci chráněného úseku:

$$t_k = \frac{K}{I_k} = \frac{K |\overline{Z}_s + \overline{Z}_l|}{U_i} \quad (21)$$

U nezávislých nadproudových ochran je čas na začátku a na konci chráněného úseku stejný a to nejméně t_k . Výhoda závislé ochrany spočívá v tom, že zkracuje dobu vypnutí na začátku linky. Těžší zkratky blíže zdroji budou tedy vypínány v čase kratším než t_k . Těžší zkratky vznikající blíže zdroji budou tedy vypínány v čase kratším než t_k . Tento stav vznikne pouze tehdy, je-li $Z_l \geq Z_s$.

Příklad chráněného paprskového vedení závislými nadproudovými ochranami se zakresleným vypínacím plánem je na obrázku 8.



Obr. 8 Vypínací plán závislých nadproudových ochran.

Závislé nadproudové ochrany se nejčastěji používají v paprskových sítích, kde je uzel transformátoru uzemněn přes odpor.

Všeobecně není možné na úsecích jednoho paprsku vzájemně kombinovat nadproudové závislé a nezávislé ochrany, protože jejich vypínací charakteristiky by se mohly vzájemně protínat, toto by způsobilo chybné vypínání. Z těchto zřejmých důvodů se u nás používají ochrany nezávislé, kde vypínací čas přesně definován a nemění se s proudem. Tím se vyhneme problémům při dosahování selektivity nadproudových ochran.[3]

3. Popis přívodního terminálu SPAC 315 C a ochranného modulu SPCJ 4D29

3.1 Popis přívodního terminálu SPAC 315 C

Vlastnosti

Kompletní přívodní terminál s třífázovou dvoustupňovou nadproudovou a dvoustupňovou nesměrovou zemní ochranou.

Časově nezávislá nebo časově závislá (IMDT) provozní charakteristika pro nízký stupeň seřízení nadproudové a zemní ochrany.

Okamžitá (mžiková) nebo časově nezávislá provozní charakteristika pro vysoký stupeň seřízení nadproudové a zemní ochrany.

Nepřetržité monitorování proudových obvodů budících vstupů.

Nepřetržitá kontrola vypínacího obvodu vypínače.

Uživatelsky nastavitelný program vnitřního blokování INTERLOCKING pro zabránění nežádoucí manipulace.

Místní a dálková indikace stavu tří výkonných prvků.

Úplné místní/dálkové ovládání jednoho výkonného prvku. Dvoupólové ovládání vypínače pro zajištění větší bezpečnosti provozu.

Velké množství předem navržených konfigurací předního panelu pro zobrazení vybraných vypínačů a odpojovačů.

Měření a indikace fázového proudu, energie, činného a jalového výkonu.

Sériové rozhraní pro výměnu dat na úrovni přívodu/rozvodny.

Nepřetržitá samokontrola pro zajištění maximální spolehlivosti a využitelnosti systému.

3.2 Popis ochranného modulu SPCJ 4D29

Charakteristické vlastnosti

Nadproudový stupeň s nižším rozsahem neřiditelnosti $I > a$ s nezávislou nebo závislou časovou charakteristikou.

Nadproudový stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti $I \gg$ s mžikovou funkcí, nebo s nezávislou časovou charakteristikou

Stupeň zemní ochrany s nižším rozsahem seřiditelnosti $I_0 >$ a s nezávislou časovou charakteristikou, nebo se závislou časovou charakteristikou.

Šest křivek závislosti čas /proud nastavitelných při volbě závislé charakteristiky u nadproudového stupně $I > a$ u zemního stupně $I_0 >$.

Číslicové zobrazení měřených i nastavených hodnot a datových sad, které jsou zaznamenány v okamžiku působení ochrany.

Parametrizace modulu pomocí tlačítek na čelním panelu nebo pomocí sériového rozhraní PC (osobního počítače) a příslušným softwarovým vybavením.

Nepřetržitě pracující kontrola hardwaru a softwaru vybavení s autodiagnostickou funkcí.

3.2.1 Popis funkce fázové nadproudové jednotky

Fázová nadproudová jednotka modulu ochrany SPCJ 4D29 je konstruována pro jednofázové, dvoufázové, třífázové nadproudové chránění. Jednotka má dva nadproudové stupně Nadproudový stupeň s nižším rozsahem neřiditelnosti $I >$ a nadproudový stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti. Fázový nadproudový stupeň s nižším i vyšším rozsahem seřiditelnosti $I >>$.

Fázový nadproudový stupeň s nižším / vyšším je aktivován v okamžiku, když proud v jedné nebo několika fázích překročí nastavenou popudovou hodnotu daného stupně. Při popudu je stupněm generován popudový signál SS1 nebo TS1 a současně je popud signalizován na číslicovém displeji na čelním panelu. Jestliže doba působení nadproudu je dost dlouhá na to aby překročila nastavený čas působení, stupeň působení a je generován vypínací signál TS2. Ve stejném okamžiku je aktivován indikátor působení - indikátor svítí červeným světlem. Červený indikátor působení zůstává svítit i po odpadu stupně. Indikátor je resetován stisknutím tlačítka RESET. Vhodnou konfigurací přepínačové skupiny výstupních relé je možné vytvořit další pomocný vypínací signál TS1.

Působení fázového nadproudového stupně s nižším / vyšším rozsahem $I > / I >>$ je možné blokovat přivedením blokovacího signálu BS k jednotce. Konfigurace blokování je nastavena přepínačovou skupinou SGB.

Působení fázového nadproudového stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti může být navoleno s nezávislou nebo závislou časovou charakteristikou. Vypínací charakteristika je navolena přepínači SGF 1/1...3. Při navolené nezávislé časové charakteristice je vypínací čas $t >$ nastaven v sekundách v rozsahu 0,05...300 sekund. Při navolené závislé časové charakteristice (IDMT) jsou k dispozici čtyři mezinárodně normalizované a dvě doplňkové křivky závislosti času / proudu. Volící přepínače SGF 1/1...3 jsou použity také pro volbu požadované vypínací charakteristiky.

Upozornění! Při výpočtu nastavení ochrany musí být bráno do úvahy maximální trvalá přetížitelnost proudových měřících stupňů $4 \times I_n$.

Upozornění! U závislé časové charakteristiky je efektivní rozsah nastavení nadproudového stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti $0,5 \dots 2,5 \times I_n$, ačkoli nastavení popudového proudu u ochrany je možné v rozsahu $0,5 \dots 5,0 \times I_n$. Pro závislou časovou charakteristiku je u stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti jakékoli nastavení popudového proudu nad hodnotu $2,5 \times I_n$ považováno za stejné jako hodnota $2,5 \times I_n$.

Upozornění

Působení nadproudového stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti a se závislou časovou charakteristikou je blokováno popudem stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti. Při vysokých

proudech poruchy je tedy vypínací čas nadproudové jednotky definován nastaveným časem u stupně s vyšším rozsahem. Rozsah seřiditelnosti vypínacího času fázového nadproudového stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti $t_{>>}$ je 0,04...300 s.

U vypínacích signálů obou nadproudových stupňů je možné aktivovat přídržnou funkci (přepínač SGB/6). Tato funkce zajišťuje, že vypínací signál TS2 je aktivní i po odpadu nadproudového stupně. Signál TS2 s aktivovanou přídržnou funkcí je restartován současným stisknutím tlačítek RESET a PROGRAM, nebo je restartován prostřednictvím sériového rozhraní a příkazu V101.

Při připojení chráněného objektu k síti (t. j. při zapnutí) může být nastavená popudová hodnota fázového nadproudového stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti $I_{>>}$ automaticky zdvojena. V tomto případě je možné u fázového nadproudového stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti nastavit nižší hodnotu, než je hodnota zapínacího proudu. Tato funkce automatického zdvojení nastavené hodnoty je navolena přepínačem SGF 1/5.

Proces zapnutí, který aktivuje funkci automatického zdvojení nastavené hodnoty, je definován jako situace, kdy fázové proudy vzrostou z hodnoty $0,12 \times I_{>}$ na hodnotu vyšší než $1,5 \times I_{>}$, za čas kratší než 60 ms. Funkce je deaktivována při poklesu proudů pod hodnotu $1,24 \times I_{>}$.

Rozsah seřiditelnosti popudového proudu fázového nadproudového stupně je $0,5 \dots 40 \times I_n$. Jestliže je u tohoto stupně nastaven popudový proud ve spodním pásmu rozsahu seřiditelnosti, jsou v modulu konfigurovány dva téměř identické nadproudové stupně. Tato vlastnost umožňuje použít nadproudovou jednotku v modulu SPCJ 4D29 například v aplikacích s dvoustupňovým odpínáním zátěže.

Fázový nadproudový stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti je možné vyřadit z činnosti přepínačem SGF2/5. Jestliže je stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti vyřazen z činnosti, je na displeji zobrazen údaj “ ---” který indikuje, že nastavená hodnota popudového proudu není definována.

3.2.2 Jednotka zemní ochrany

Zemní nesměrová jednotka modulu ochrany SPCJ 4D29 je jednopólová zemní ochrana. Jednotka obsahuje dvoustupňovou zemní ochranu, t.j. stupeň zemní ochrany s nižším rozsahem seřiditelnosti $I_o >$ a stupeň zemní ochrany s vyšším rozsahem seřiditelnosti $I_o >>$.

Stupeň zemní ochrany s nižším / vyšším rozsahem je aktivován v okamžiku, kdy měřený proud překročí nastavenou popudovou hodnotu proudu příslušného stupně. Při popudu je stupněm generován popudový signál SS1 nebo TS1 a současně je popud signalizován na číslicovém displeji na čelním panelu. Pokud stav charakterizovaný zemním proudem trvá dostatečně dlouhou dobu, aby byl překročen nastavený čas působení, stupeň působí a je generován vypínací signál TS2. Ve stejném okamžiku je aktivován indikátor působení TRIP-indikátor svítí červeným světlem. Červený indikátor působení zůstává svítit i po odpadu stupně. Indikátor je resetován stisknutím tlačítka RESET. Vhodnou konfigurací přepínačové skupiny výstupních relé lze vytvořit další pomocný vypínací signál TS1.

Působení zemního stupně s nižším / vyšším rozsahem seřiditelnosti $I_{o>}$ / $I_{o>>}$ lze blokovat přivedením blokovacího signálu BS k jednotce zemních ochran. Konfigurace blokování je nastavena přepínačovou skupinou SGB.

Působení zemního stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti může být navoleno s nezávislou, nebo se závislou časovou charakteristikou. Vypínací charakteristika je navolena přepínači SGF 1/6...8. Při navolené nezávislé časové charakteristice je vypínací čas $t_o >$ nastaven přímo v sekundách v rozsahu 0,05...300 s. Při navolené závislé časové charakteristice (IDMT) jsou k dispozici čtyři mezinárodně normalizované a dvě doplňkové křivky závislosti čas / proud. Volící přepínače SGF 1/6...8 jsou použity také pro volbu požadované vypínací charakteristiky.

Rozsah seřiditelnosti vypínacího času zemního stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti $t_{o>>}$ je 0,05...300 s.

Upozornění

Působení zemního stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti a se závislou časovou charakteristikou je blokováno popudem zemního stupně s vyšším rozsahem seřiditelnosti. Při vysokých proudech poruchy je tedy vypínací čas zemní proudové jednotky definován nastaveným časem u stupně s vyšším rozsahem.

U vypínacích signálů obou zemních stupňů je možné aktivovat přídržnou funkci (přepínač SGB/7). Tato funkce zajišťuje, že vypínací signál TS2 je aktivní i po odpadu zemního proudového stupně. Signál TS2 s aktivovanou přídržnou funkcí je resetován současným stiskem tlačítek RESET a PROGRAM, nebo je resetován prostřednictvím sériového rozhraní a příkazu V101.

Zemní stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti je možné vyřadit z činnosti přepínačem SGF2/6. Jestliže je zemní stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti vyřazen z činnosti, je na displeji zobrazen údaj „---“, který indikuje, že nastavená hodnota proudového proudu není definována.

3.2.3 Jednotka ochrany při selhání vypínače

Modul ochrany je vybaven funkční jednotkou, která zabezpečuje ochranu při selhání vypínače (CBFP). Jednotkou CBFP je po nastaveném vypínacím čase 0,1...1 s generován vypínací signál sběrně TS1 za předpokladu, že porucha nebyla eliminována před uplynutím nastaveného časového zpoždění. Výstupní kontakt jednotky CBFP je obvykle použitý pro vypínání nadřazeného vypínače, jestliže je vypínač vybaven dvěma vypínacími cívkami, je jednotkou CBFP také možné použít pro vypínání stejného vypínače. Je uvolněna nebo vyřazena z činnosti přepínačem SGF1/4.

3.2.4 Dálkové nastavení

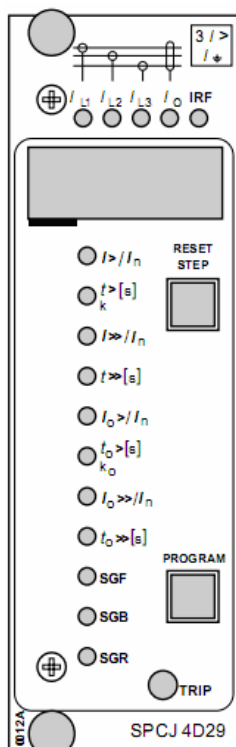
V ochraně je možné definovat dvě sady nastavených hodnot – hlavní sada a druhá sada nastavených hodnot. Přepnutí mezi hlavní a druhou sadou nastavených hodnot je možné realizovat třemi způsoby:

- a) Příkazem V150 prostřednictvím sériového rozhraní.
- b) Povelům prostřednictvím externího ovládacího vstupu BS.

c) Ručně změnou parametru submenu 4 registru A.

3.2.5 Čelní panel

Na obrázku 9, 10 je znázorněn čelní panel.



Indikátory měrných fázových proudů I_{I1}, I_{I2}, I_{I3} a nulového proudu I_0

Indikátor popudového stupně $I >$

Indikátor vypínacího času $t >$ nebo následujícího časového faktoru k stupně $I >$

Indikátor popudového proud stupně $I >>$

Indikátor vypínacího času $t >>$ stupně $I >>$

Indikátor popudového proudu stupně $I_0 >$

Indikátor vypínacího času $t_0 >$ nebo násobícího časového faktoru k_0 stupně $I_0 >$

Indikátor popudového proudu stupně $I_0 >>$

Indikátor vypínacího času $t_0 >>$ stupně $I_0 >>$

Indikátor kontrolního součtu SGF1....2

Indikátor kontrolního součtu

Indikátor kontrolního součtu SGR1....3

Obr. 9

Zjednodušený symbol zařízení

Výstražný indikátor funkce samočinné kontroly

Displej

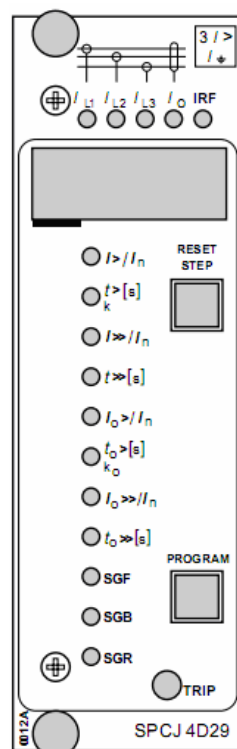
Tlačítko STEP/RESET

(krokování v menu na displeji/ reset)

Programovací / volicí tlačítko

Indikátor působení / vypnutí

Typové označení modulu ochrany



Obr.10

3.2.6 Provozní indikátory

Oba nadproudové stupně ochrany mají svoji vlastní indikaci popudu i působení, která je prezentována na číslicovém displeji jako číslo. Kromě toho mají všechny ochranné stupně společný indikátor „TRIP“ (červená LED dioda), který je umístěn v pravém spodním rohu čelního panelu a je kterýmkoliv stupněm aktivován v okamžiku vypnutí.

Číslo na displeji indikující popud nebo působení / vypnutí zůstává aktivní (svítí) i poté, co proudový stupeň odpadne. Tímto způsobem je indikován stupeň, který působil. Indikátory popudů nebo vypnutí jsou restartovány stiskem tlačítka RESET. Indikátory, které nejsou resetovány, nikterak neovlivňují funkci modulu ochrany. Jestliže je popud stupně tak krátký, že u ochrany nedojde k působení, jsou indikace popudů při resetu stupně také obvykle restartovány. Prostřednictvím přepínačů SGF2/1...4 je možné u popudových indikátorů navolit paměťovou funkci s ručním resetem. V následující tabulce jsou uvedeny vysvětlivky k popudovým a vypínacím indikátorům modulu ochrany.

Indikace	Vysvětlení
1	I> START = Popud st. Nadproudové ochrany s nižším rozsahem I>
2	I> TRIP = Působení st. nadproudové ochrany s nižším rozsahem I>
3	I>> START = Popud st. Nadproudové ochrany s vyšším rozsahem I>>
4	I>> TRIP = Působení st. nadproudové ochrany s vyšším rozsahem I>>
5	I0>START = Popud stupně zemní ochrany s nižším rozsahem I0>
6	I0>TRIP = Působení stupně zemní ochrany s nižším rozsahem I0>
7	I0>>START = Popud stupně zemní ochrany s vyšším rozsahem I0>
8	I0>>TRIP = Působení stupně zemní ochrany s vyšším rozsahem I0>
9	CBFP = Působení ochrany při selhání vypínače

Jestliže působí jeden z ochranných stupňů modulu ochrany, jsou postižené fáze signalizovány indikátory měřených proudů. Tato indikace signalizuje fázi (fáze), ve které byl překročen nastavený popudový proud stupně (tzv. indikace postižené fáze). Pokud například svítí indikátor působení stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti „2“ a současně svítí indikátory I_{L1} a I_{L2} bylo působení ochrany aktivováno nad proudem ve fázích L1 a L2. Indikace působení je restartována stisknutím tlačítka RESET.

Pokud je systémem samočinné kontroly ochrany vyhodnocena trvalá porucha je aktivován (svítí) výstražný indikátor systému samočinné kontroly IRF. Tento indikátor je aktivován, svítí červeným světlem krátce poté, co byla detekována porucha. Modulem ochrany je současně generován povolený signál na výstupní relé systému samočinné kontroly. Ve většině případů je kromě toho na displeji modulu ochrany zobrazen autodiagnostický poruchový kód, který určuje typ závady. Tento poruchový kód, který určuje typ závady. Tento poruchový kód je zobrazen jedním červeným symbolem (1) a zeleným kódovým číslem. Poruchový kód zobrazený při vzniku poruchy musí být zaznamenán a pro zpracování statistických údajů i pro potřeby údržby uveden při objednávce opravy.

3.2.7 Nastavení

Nastavené hodnoty jsou zobrazeny třemi číslicemi umístěnými na displeji zcela vpravo. Na displeji aktuálně zobrazený údaj nastavené hodnoty odpovídá nastavení / parametru, jehož symbol je na čelním panelu označen aktivovaným indikátorem LED.

$(I > / I_n)$ Popudový proud stupně vyjádřený jako násobek jmenovitého proudu použitého měřicího vstupu. Rozsah seřiditelnosti u nezávislé časové charakteristiky a závislé časové charakteristiky.

Upozornění! U závislé časové charakteristiky je jakékoli nastavení nad hodnotou $2,5 \times I_n$ považováno za stejné jako hodnota $2,5 \times I_n$.

$(t >)$ Vypínací čas stupně $I >$ vyjádřený u nezávislé časové charakteristiky v sekundách (SGF1/1-2-3=0-0-0). Rozsah seřiditelnosti 0,05...300 s.

K Násobící časový faktor závislé časové charakteristiky stupně $I >$. Rozsah seřiditelnosti 0,05...1,00.

$(I >> / I_n)$Popudový stupeň stupně vyjádřený jako násobek jmenovitého proudu použitého měřicího vstupu. Rozsah seřiditelnosti $0,5 \dots 40,0 \times I_n$. Kromě těchto hodnot je možné přepínačem SGF 2/5 nastavit „nekonečno“ (zobrazeno jako n---). To znamená, že stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti je vyřazen z činnosti.

$(t >>)$ Vypínací čas stupně vyjádřený v sekundách. Rozsah seřiditelnosti 0,04...300 s.

$(I_0 > / I_n)$Popudový proud stupně $I_0 >$ vyjádřený jako násobek jmenovitého proudu použitého měřicího vstupu. Rozsah seřiditelnosti $0,1 \dots 0,8 \times I_n$.

$(t_0 >)$Vypínací čas stupně vyjádřený u nezávislé časové charakteristiky v sekundách (SGF1/6-7-8 = 0-0-0). Rozsah seřiditelnosti 0,05...300 s.

(k_0)Násobící časový faktor k_0 závislé časové charakteristiky stupně. Rozsah seřiditelnosti 0,05...1,00.

$(I_0 >> / I_n)$ Popudový proud stupně $I_0 >>$ vyjádřený jako násobek jmenovitého proudu použitého měřicího vstupu. Rozsah seřiditelnosti $0,1 \dots 10,0 \times I_n$. Kromě těchto hodnot je možné přepínačem SGF2/6 nastavit „nekonečno“ (zobrazeno jako n---). To znamená, že stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti $I_0 >>$ je vyřazen z činnosti.

($t_0 \gg$).....Vypínací čas stupně $I_0 \gg$ vyjádřený v sekundách. Rozsah seřiditelnosti 0,05...300 s.

Jestliže na čelním panelu svítí indikátor označený symbolem určité přepínačové skupiny, je na displeji zobrazen kontrolní součet přepínačové skupiny SGF1, SGB nebo SBR1. Kontrolní součty přepínačových skupin SGF2, SGR2 a SGR3 jsou uvedeny v submenu hlavního menu první přepínačové skupiny. Další informace jsou uvedeny v části „Diagram menu a registry“.[4]

3.2.8 Technická data

Nadproudový stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti I >

Popudový proud I >	
pro nezávislou časovou charakteristiku	0,5...5 x I_n
-pro závislou časovou charakteristiku	0,5...2,5 x I_n
Typický čas popudu	50 ms
-nezávislá časová charakteristika	
-čas působení / vypnutí	0,05....300 s
-závislá charakteristika podle BS142 a IEC 255-4	Extremně závislá Normálně závislá Dlouhodobě závislá
-speciální charakteristiky podle norem ABB	Závislá typ - RI Závislá typ -RXIDG
-násobící časový faktor "k"	0,05...1
Typický čas resetu 40 ms	
Čas zpoždění < 30 ms	
Typický přídržný poměr (odpad / náběh) 0,96	
Přesnost vypínacího času u nezávislé vypínací charakteristiky	± 2% z nastavené hodnoty nebo ±25ms
Přesnost vypínacího času u závislé charakteristika-E	5
Přesnost působení vypnutí	± 3% z nastavené hodnoty

Nadproudový stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti I >>

Popudový proud I >>	0,5...40 x I_n x a ∞ , nekonečno
Typický čas popudu	50 ms
čas působení / vypnutí	0,04....300 s
Typický čas resetu 40 ms	
Čas zpoždění < 30 ms	
Typický přídržný poměr (odpad / náběh) 0,96	
Přesnost vypínacího času u nezávislé vypínací charakteristiky	± 2% z nastavené hodnoty nebo ±25ms
Přesnost působení vypnutí	± 3% z nastavené hodnoty [4]

4. Kontrola charakteristik ochranného modulu SPCJ 4D29

Je možno nastavit charakteristiku s nezávislým nebo se závislým časovým zpoždění.

K ověření závislých a nezávislých vypínacích charakteristik jsem pro měření sestavil následující schéma obr.11. K ověření závislých charakteristik pro proudy 1,5 A a 2,5 A byly zvoleny násobky a vypočítány vypínací časy z vzorce (23). Teoretické (vypočtené časy) byly porovnány ze skutečnými vypínacími časy ochrany. Poté spočítána absolutní a relativní chyba.

K dispozici jsou čtyři normalizované křivky značené jako normálně závislá charakteristika, velmi závislá charakteristika, extrémně závislá charakteristika, velmi závislá charakteristika a dlouhodobě závislá charakteristika. Vztah mezi proudem a časem v souladu s normami BS 142.1966 a IEC 255-4 [4]

je vyjádřen vztahem:

$$t(s) = \frac{k \cdot \beta}{(I / I_{>})^{\alpha} - 1} \quad (23)$$

t = vypínací čas v sekundách

k = násobící časový faktor

I = měřená hodnota proudu

I_> = nastavená popudová hodnota proudu

Průběh křivek závislosti čas / proud je určen konstantami α a β podle tabulky

Typ charakteristiky	α	β
Normálně závislá	0,02	0,14
Velmi závislá	1	13,5
Extrémně závislá	2	80
Dlouhodobě závislá	1	120

Použité přístroje :

Multimetr METRIX MX50 (výrobní číslo 92 13 46 32 0158)

Stopky (51400419)

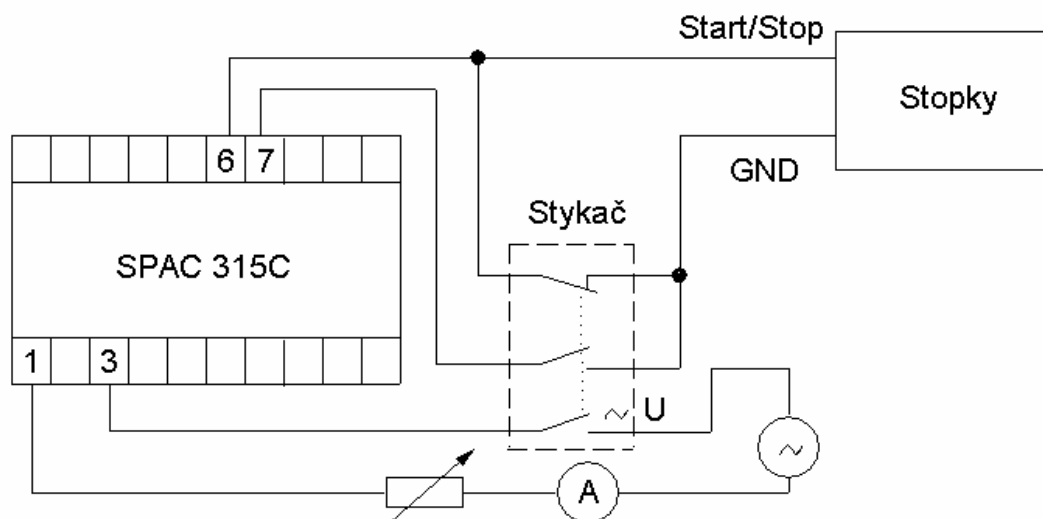
Stykač

Reostat 16Ω,10A ,POD 60 P7

Ochrana SPAC 315C (ser.no 72581)

Schéma :

Na obrázku 11. je naznačeno schéma zapojení



Obr. 11 Schéma zapojení

4.1 Nezávislá charakteristika

Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I \geq 1,5A$

Absolutní chyba:

$$\Delta = |t_z - t_v| = |300 - 320,50| = 20,50s \quad (24)$$

Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_z} \cdot 100 = \frac{20,50}{300} \cdot 100 = 6,83\% \quad (25)$$

	t(z)	t(n)	Δ	δ
	[s]	[s]	[s]	%
1	0,05	0,06	0,01	20,00
2	0,1	0,11	0,01	10,00
3	0,5	0,54	0,04	8,00
4	1	1,14	0,14	14,00
5	5	5,36	0,36	7,20
6	10	10,72	0,72	7,20
7	50	53,44	3,44	6,88
8	100	106,91	6,91	6,91
9	150	161,27	11,27	7,51
10	200	214,71	14,71	7,36
11	250	268,08	18,08	7,23
12	300	320,50	20,50	6,83

t(n) - naměřený čas vypnutí

t(z) - zvolený nastavený vypínací čas

4.2 Závislé charakteristiky

4.2.1 Normálně závislá charakteristika

Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 1,5A$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I / I >)^\alpha - 1} = \frac{1 \cdot 0,14}{(4 / 1,5)^{0,02} - 1} = 7,07s \quad (26)$$

$$\Delta = |t_n - t_v| = |7,39 - 7,07| = 0,32s \quad (27)$$

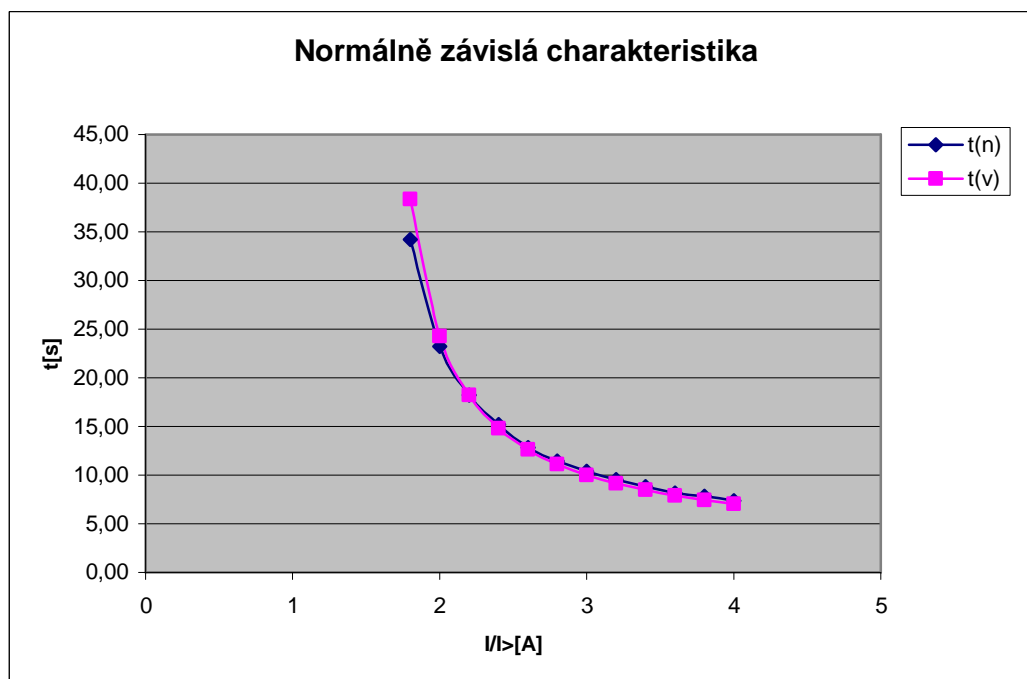
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,32}{7,07} \cdot 100 = 4,57 \% \quad (28)$$

	$I/I >$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	1,8	34,18	38,32	4,14	10,81
2	2	23,22	24,26	1,04	4,30
3	2,2	18,23	18,21	0,02	0,13
4	2,4	15,23	14,82	0,41	2,74
5	2,6	12,83	12,66	0,17	1,37
6	2,8	11,44	11,15	0,29	2,64
7	3	10,39	10,03	0,36	3,60
8	3,2	9,56	9,17	0,39	4,27
9	3,4	8,79	8,48	0,31	3,60
10	3,6	8,14	7,93	0,21	2,70
11	3,8	7,83	7,46	0,37	4,95
12	4	7,39	7,07	0,32	4,57

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 2,5A$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I>)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 0,14}{(4,2/2,5)^{0,02} - 1} = 13,42s \quad (29) \quad \Delta = |t_n - t_v| = |13,56 - 13,42| = 0,14s \quad (30)$$

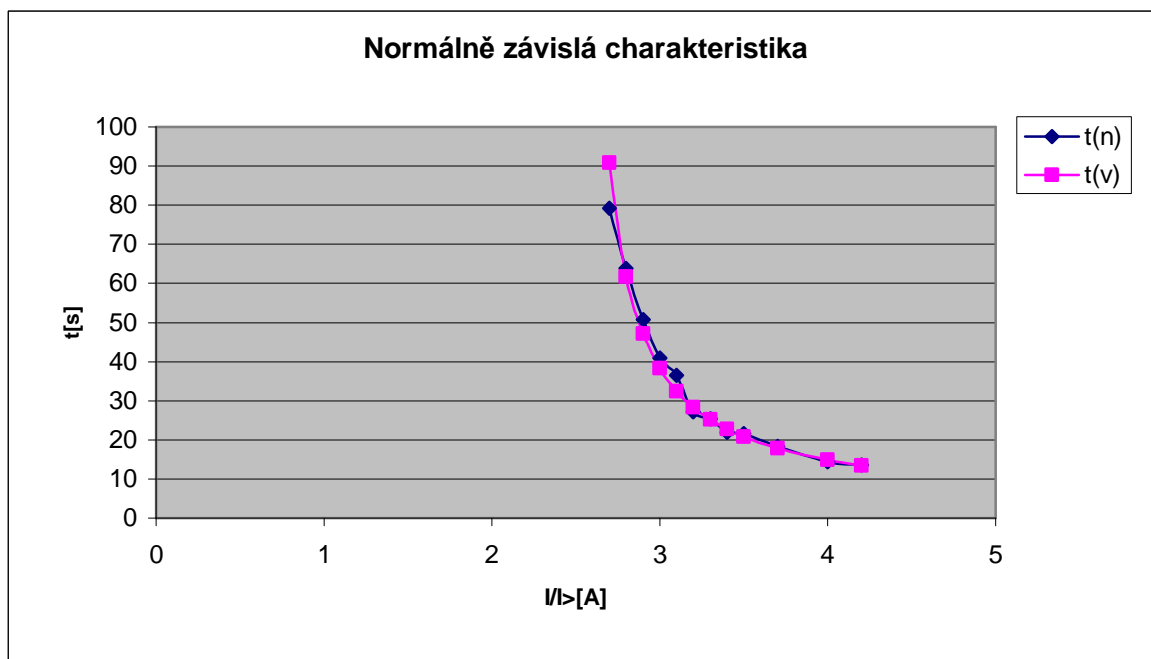
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,14}{13,42} \cdot 100 = 1,02 \quad (31)$$

	$I/I>$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	2,7	79,22	90,89	11,67	12,84
2	2,8	63,8	61,70	2,10	3,41
3	2,9	50,68	47,09	3,59	7,62
4	3	40,84	38,32	2,52	6,57
5	3,1	36,51	32,47	4,04	12,44
6	3,2	27,19	28,29	1,10	3,88
7	3,3	25,44	25,14	0,30	1,18
8	3,4	21,91	22,70	0,79	3,46
9	3,5	21,66	20,73	0,93	4,47
10	3,7	18,32	17,79	0,53	3,01
11	4	14,4	14,82	0,42	2,86
12	4,2	13,56	13,42	0,14	1,02

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



4.2.2 Velmi závislá charakteristika

Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I \geq 1,5\text{A}$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I_{>})^\alpha - 1} = \frac{1 \cdot 13,5}{(4,2/1,5)^1 - 1} = 7,5\text{s} \quad (32)$$

$$\Delta = |t_n - t_v| = |7,63 - 7,50| = 0,13\text{s} \quad (33)$$

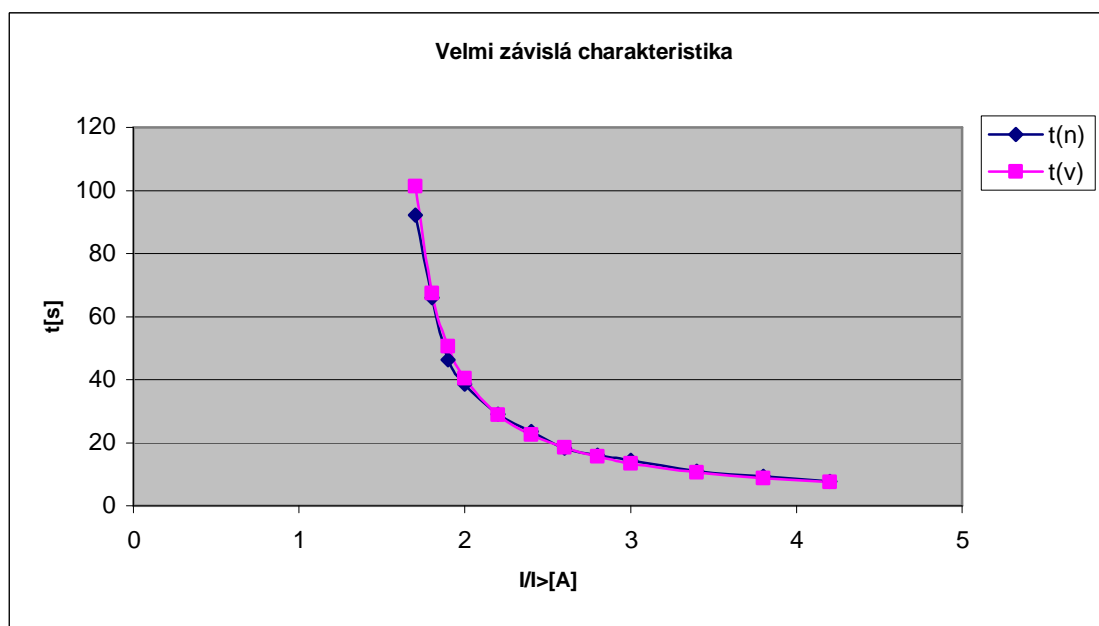
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,13}{7,5} \cdot 100 = 1,73\% \quad (34)$$

	$I/I_{>}$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	1,7	92,28	101,25	8,97	8,86
2	1,8	65,96	67,50	1,54	2,28
3	1,9	46,25	50,63	4,38	8,64
4	2	38,49	40,50	2,01	4,96
5	2,2	28,95	28,93	0,02	0,07
6	2,4	23,55	22,50	1,05	4,67
7	2,6	18,22	18,41	0,19	1,03
8	2,8	15,97	15,58	0,39	2,52
9	3	14,47	13,50	0,97	7,19
10	3,4	10,99	10,66	0,33	3,12
11	3,8	9,25	8,80	0,45	5,06
12	4,2	7,63	7,50	0,13	1,73

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 2,5A$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I>)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 13,5}{(4,1/2,5)^1 - 1} = 21,09s \quad (35) \quad \Delta = |t_n - t_v| = |21,02 - 21,09| = 0,07s \quad (36)$$

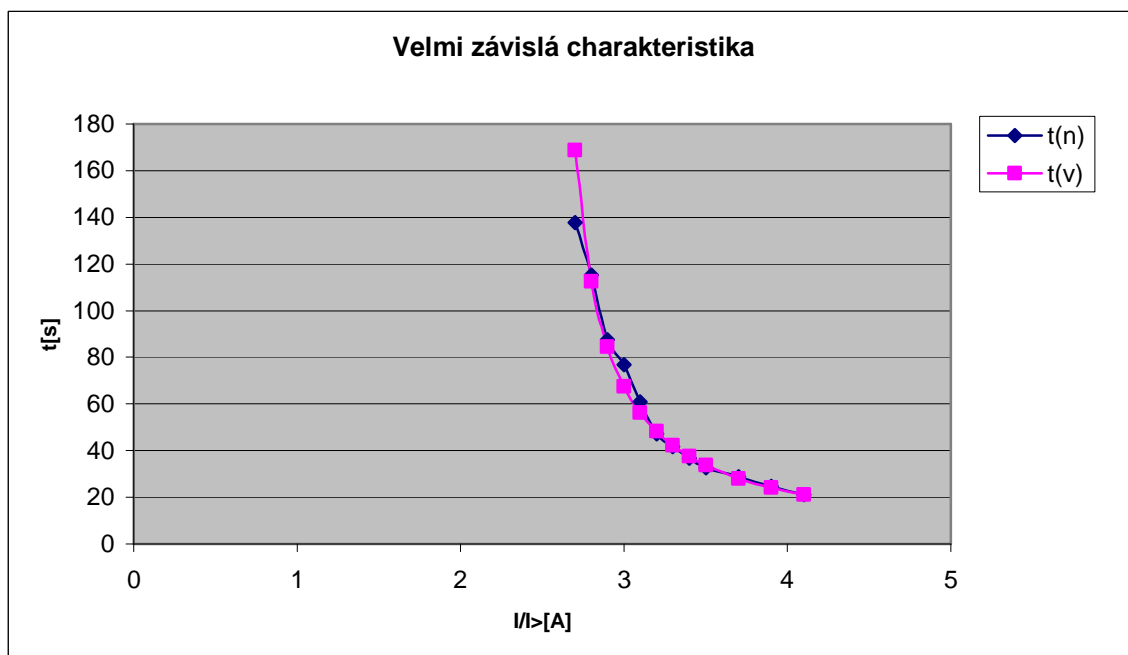
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,07}{21,09} \cdot 100 = 0,35\% \quad (37)$$

	$I/I>$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	2,7	137,86	168,75	30,89	18,31
2	2,8	115,36	112,50	2,86	2,54
3	2,9	87,45	84,38	3,07	3,64
4	3	76,88	67,50	9,38	13,90
5	3,1	60,92	56,25	4,67	8,30
6	3,2	47,19	48,21	1,02	2,12
7	3,3	41,75	42,19	0,44	1,04
8	3,4	36,8	37,50	0,70	1,87
9	3,5	32,56	33,75	1,19	3,53
10	3,7	28,72	28,13	0,59	2,12
11	3,9	24,78	24,11	0,67	2,79
12	4,1	21,02	21,09	0,07	0,35

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



4.2.3 Extrémně závislá charakteristika:

Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 1,5\text{A}$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I>)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 80}{(3,6/1,5)^2 - 1} = 16,81\text{s} \quad (38) \quad \Delta = |t_n - t_v| = |16,81 - 16,8067| = 0,003\text{s} \quad (39)$$

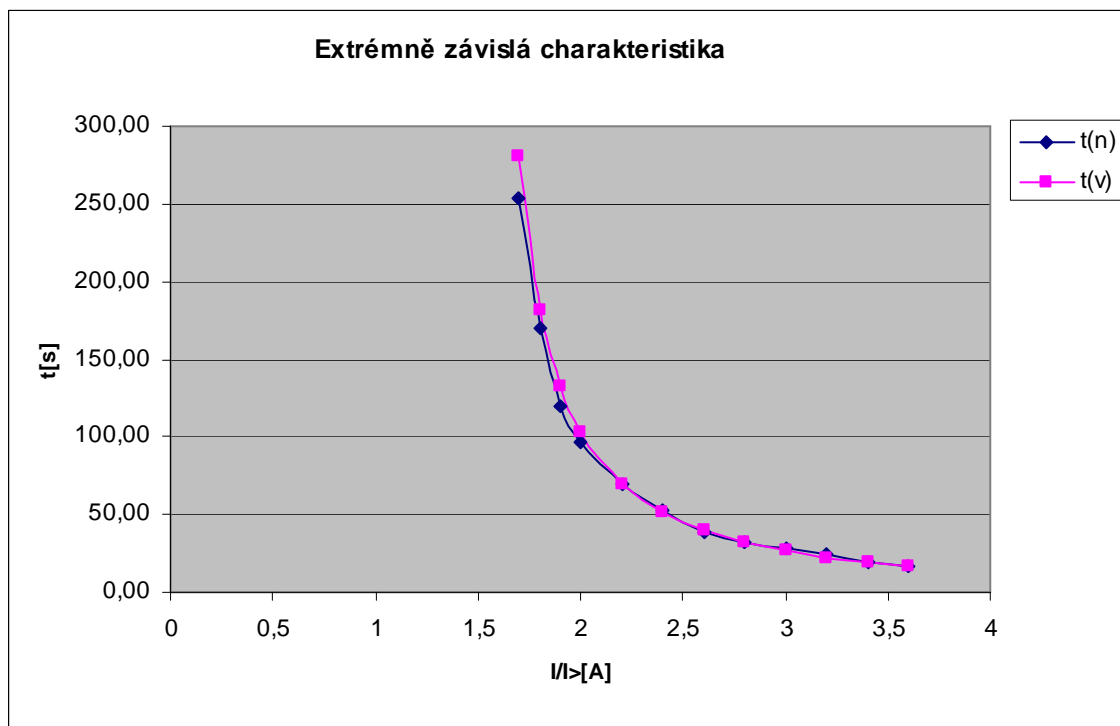
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,0033}{16,8067} \cdot 100 = 0,02\% \quad (40)$$

	$I/I>$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	1,7	253,42	281,25	27,83	9,90
2	1,8	169,55	181,82	12,27	6,75
3	1,9	119,28	132,35	13,07	9,88
4	2	95,97	102,86	6,89	6,70
5	2,2	69,17	69,50	0,33	0,47
6	2,4	52,29	51,28	1,01	1,97
7	2,6	39,19	39,91	0,72	1,81
8	2,8	32,64	32,20	0,44	1,37
9	3	28,62	26,67	1,95	7,33
10	3,2	23,94	22,53	1,41	6,27
11	3,4	19,62	19,33	0,29	1,48
12	3,6	16,81	16,81	0,003	0,02

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 2,5\text{A}$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I>)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 80}{(4,1/2,5)^2 - 1} = 47,35\text{s} \quad (41)$$

Absolutní chyba:

$$\Delta = |t_n - t_v| = |46,4 - 47,35| = 0,95\text{s} \quad (42)$$

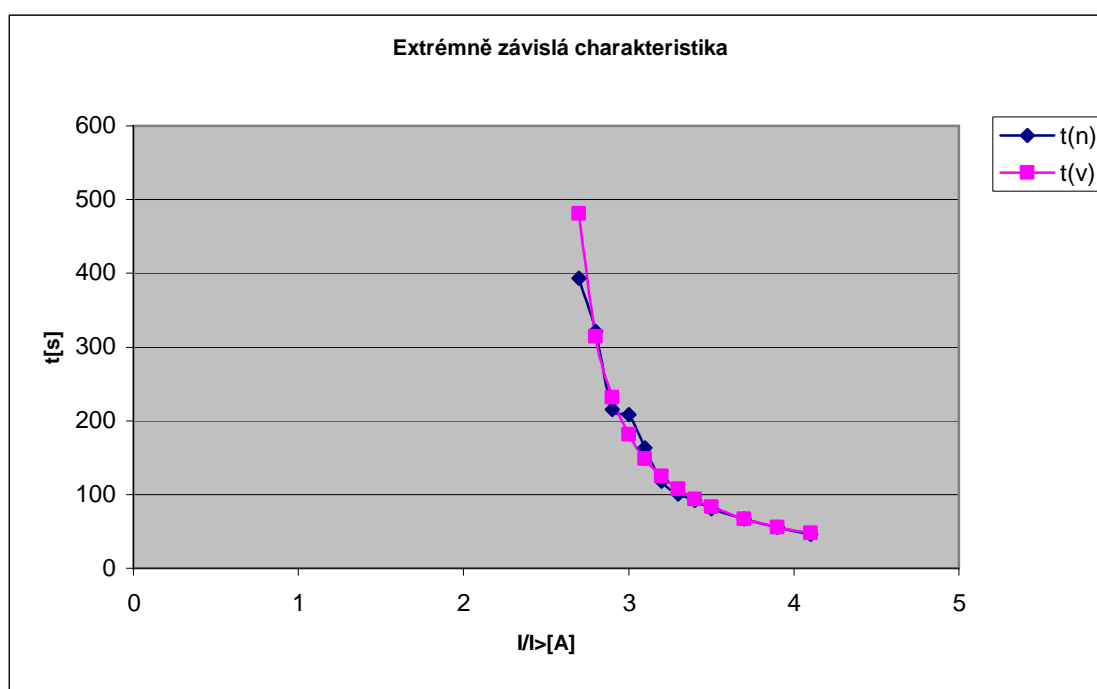
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{0,95}{47,35} \cdot 100 = 2\% \quad (43)$$

	$I/I>$	$t(n)$	$t(v)$	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	2,7	393,65	480,77	87,12	18,12
2	2,8	321,4	314,47	6,93	2,21
3	2,9	215,15	231,48	16,33	7,06
4	3	208,11	181,82	26,29	14,46
5	3,1	163,32	148,81	14,51	9,75
6	3,2	118,23	125,31	7,08	5,65
7	3,3	100,41	107,76	7,35	6,82
8	3,4	92,46	94,16	1,70	1,81
9	3,5	80,36	83,33	2,97	3,57
10	3,7	66,49	67,20	0,71	1,06
11	3,9	55,45	55,80	0,35	0,63
12	4,1	46,4	47,35	0,95	2,00

$t(n)$ - naměřený čas vypnutí

$t(v)$ - vypočítaný čas vypnutí



4.2.4 Dlouhodobě závislá charakteristika

Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 1,5A$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I>)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 120}{(4,2/1,5)^1 - 1} = 66,67s \quad (44)$$

$$\Delta = |t_n - t_v| = |67,97 - 66,67| = 1,3s \quad (45)$$

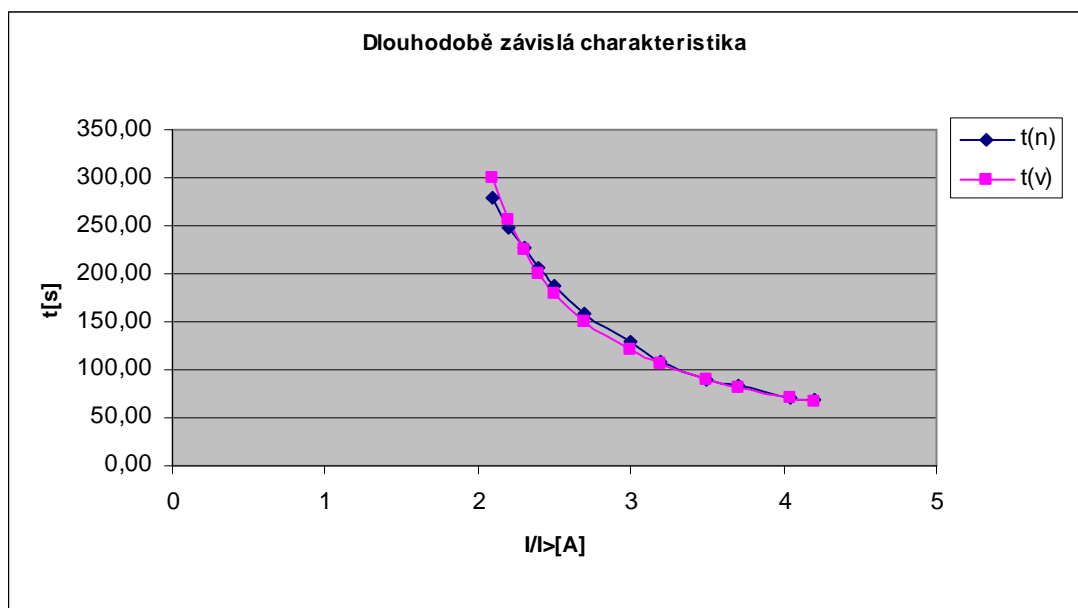
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{1,3}{66,67} \cdot 100 = 1,96\% \quad (46)$$

	I/I [A]	t(n)	t(v)	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	2,1	279,25	300,00	20,75	6,92
2	2,2	247,92	257,14	9,22	3,59
3	2,3	226,61	225,00	1,61	0,72
4	2,4	205,22	200,00	5,22	2,61
5	2,5	187,95	180,00	7,95	4,42
6	2,7	157,39	150,00	7,39	4,93
7	3	129,67	120,00	9,67	8,06
8	3,2	107,43	105,88	1,55	1,46
9	3,5	89,24	90,00	0,76	0,84
10	3,7	83,79	81,82	1,97	2,41
11	4,05	70,87	70,59	0,28	0,40
12	4,2	67,97	66,67	1,30	1,96

t(n)- naměřený čas vypnutí

t(v)-vypočítaný čas vypnutí



Příklad výpočtu:

Nastavená popudová hodnota proudu: $I > = 2,5\text{A}$

Vypočítaná doba vypnutí ochrany:

Absolutní chyba:

$$t_v = \frac{k \cdot \beta}{(I/I >)^{\alpha} - 1} = \frac{1 \cdot 120}{(4,2/2,5)^1 - 1} = 176,47\text{s} \quad (47) \quad \Delta = |t_n - t_v| = |179,8 - 176,47| = 3,33\text{s} \quad (48)$$

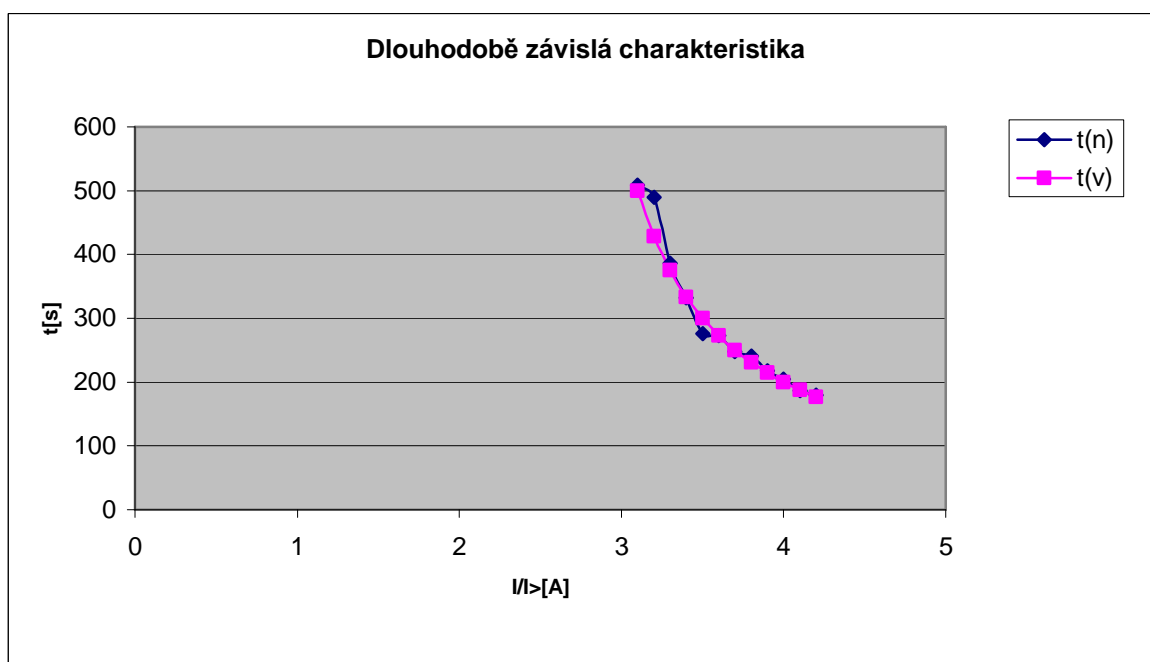
Relativní chyba:

$$\delta = \frac{\Delta}{t_v} \cdot 100 = \frac{3,33}{176,47} \cdot 100 = 1,89\% \quad (49)$$

	I/I	t(n)	t(v)	Δ	δ
	[A]	[s]	[s]	[s]	%
1	3,1	508,47	500,00	8,47	1,69
2	3,2	489,84	428,57	61,27	14,30
3	3,3	386,54	375,00	11,54	3,08
4	3,4	331,84	333,33	1,49	0,45
5	3,5	275,99	300,00	24,01	8,00
6	3,6	272,64	272,73	0,09	0,03
7	3,7	247,41	250,00	2,59	1,04
8	3,8	240,4	230,77	9,63	4,17
9	3,9	217,66	214,29	3,37	1,57
10	4	204,49	200,00	4,49	2,25
11	4,1	186,64	187,50	0,86	0,46
12	4,2	179,8	176,47	3,33	1,89

t(n)- naměřený čas vypnutí

t(v)-vypočítaný čas vypnutí



5. Zhodnocení naměřených výsledů

V čtvrté kapitole jsem se zabýval kontrolou charakteristik ochranného modulu SPCJ4D29. Postupně jsem měřil charakteristiky: nezávislá charakteristika, normálně závislá charakteristika, velmi závislá charakteristika, extrémně závislá charakteristika a dlouhodobě závislá charakteristika.

U nezávislé charakteristiky jsem provedl měření pro vypínací časy 0,05 až 300 s. Teoretický čas vypnutí jsem zvolil tak, abych rovnoměrně obsáhl celé spektrum časů od 0,05 až 300 s. Tyto zvolené časy jsem poté nastavil jako vypínací a porovnával jsem je se skutečnými časy vypnutí ochrany, které byly měřeny laboratorními stopkami. Spočítal jsem absolutní chybu, kde byla vzata jako skutečná hodnota z nastavené hodnoty vypnutí a naměřená hodnota byla zaznamenána laboratorními stopkami. Z absolutní chyby jsem spočítal relativní chybu. Výrobce udává přesnost vypínacího času $\pm 2 \%$ z nastavené hodnoty nebo ± 25 ms. Do výrobcem udávané přesnosti vypnutí se nevešla ani jediná hodnota. Relativní chyba se pohybovala od 6 % do 10%. Až na první hodnotu kdy relativní chyba byla 20 %. Čas vypnutí měl být 0,05 s a naměřený čas byl 0,06 s, což je oněch zmiňovaných 20 %. Tato nepřesnost mohla být způsobena kromě níže uvedených chyb také krátkým vypínacím časem. Zvláště na krátké vypínací časy mohlo mít vliv zpoždění způsobené stykačem.

U závislých charakteristik jsem postupoval obdobně jako u nezávislé charakteristiky. Nejprve jsem vypočítal teoretický čas vypnutí podle vzorce udaného výrobcem ochrany. Poté jsem nastavoval proud a měřil čas vypnutí pomocí laboratorních stopek. Spočítal jsem absolutní chybu, kde byla vzata jako skutečná hodnota vypočítána a naměřená hodnota byla zaznamenána laboratorními stopkami. Z absolutní chyby jsem spočítal relativní chybu. Výrobce udává přesnost vypínacího času $\pm 3 \%$ z nastavené hodnoty. U normálně závislé charakteristiky se relativní chyba pohybovala od 0,12 až po 12 %. U velmi závislé charakteristiky se relativní chyba nacházela v rozmezí 0,35 až 18 %. Extrémně závislá charakteristika měla relativní chybu v rozmezí od 0,02 až po 18 %. A dlouhodobě závislá charakteristika měla relativní chybu v mezích od 0,40 až 14 %. Do výrobcem udávané přesnosti vypnutí se nevešla většina hodnot.

Výše zmíněné chyby mohou být způsobeny nepřesnostmi měření, při měření proudu byla naměřená hodnota proudu s chybou \pm od 0,081 A až po 0,156 A a nepřesnostmi měření času stopkami, které měřily s přesností $\pm 2 \%$.

6. Závěr

V první kapitole jsem provedl teoretický rozbor ochran a jištění se zaměřením na nadproudové ochrany. Dále jsem se zabýval nastavením nadproudových ochran. V třetí kapitole jsem popsal přívodní terminál ochrany SPAC 315C a vlastní ochranný modul SPCJ 4D29. Ve čtvrté kapitole jsem zkontroloval charakteristiky ochranného modulu SPCJ 4D29. Nejprve jsem měřil nezávislou charakteristiku (při překročení určitého proudu ochrana působí okamžitě) a dále závislé charakteristiky, které udává výrobce jako normálně závislá charakteristika, velmi závislá charakteristika, extrémně závislá charakteristika a dlouhodobě závislá charakteristika.

V případě nezávislé charakteristiky výrobce udává přesnost vypínacího času $\pm 2 \%$ z nastavené hodnoty nebo ± 25 ms. Do výrobcem udávané přesnosti vypnutí se nevešla ani jediná hodnota. Relativní chyba se pohybovala od 6 % do 10 %.

Závislé charakteristiky: u normálně závislé charakteristiky se relativní chyby pohybovaly od 0,12 až po 12 %. U velmi závislé charakteristiky se relativní chyby nacházely v rozmezí 0,35 a 18 %. Extrémně závislá charakteristika měla relativní chybu v rozmezí od 0,02 až po 18 %. A dlouhodobě závislá charakteristika měla relativní chybu v mezích od 0,40 až 14 %. Do výrobcem udávané přesnosti vypnutí se nevešla většina hodnot. Naměřené a vypočítané výsledky jsem zaznamenal do tabulek a výsledky vynesl do grafů.

Použitá literatura

- [1] Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku. SNTL Praha 1991.
- [2] Grym, R. Hochman, P. Machoň, J. Cichoň, B.: Chránění 2. IRIS Havířov 2004
- [3] Haluzík, E.: Ochrany a automatiky v elektrických sítích – Skriptum VUT Brno 1985
- [4] Firemní katalogy společnosti ABB